

**МАШИНАЛАРДЫН ДИНАМИКАСЫ
ЖАНА БЕКЕМДҮҮЛҮГҮ
ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ МАШИН
DYNAMICS AND STRENGTH
OF MACHINES**

УДК 621.01

**УРГУ МАШИНАНЫН ДИНАМИКАЛЫК
ӨЛЧӨММҮНӨЗДӨГҮЧТӨРҮНӨ БӨЛҮНҮП
ЖЫЛГЫЧТУУ ӨЗГӨРҮЛМӨ ТҮЗҮЛҮШТӨГҮ
МЕХАНИЗМДИН (БЖӨТМ) АБА ЖАЗДЫКЧА-
СЫНЫН АРАКЕТ УЗАКТЫГЫНЫН ТААСИРИ**

**ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ
ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКИ МЕХАНИЗМА
ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ С РАЗДЕЛЯЮЩИМСЯ
ПОЛЗУНОМ (МПССРП) НА ДИНАМИЧЕСКИЕ
ПАРАМЕТРЫ УДАРНОЙ МАШИНЫ**

**INFLUENCE OF THE AIR CUSHION DURATION
OF A VARIABLE STRUCTURE MECHANISM WITH
A SPLIT SLIDER ON THE DYNAMIC PARAMETERS
OF THE IMPACT MACHINE**

М.С. Джуматаев, Т.Т. Каримбаев, А.Ж. Баялиев, А.Н. Акчалов

Бул жумушта бөлүнүп жылгычтуу өзгөрүлмө түзүлүштөгү механизмдүү ургу машинанын сөлөкөтү келтирилди, анын иштөө принциби баяндалды. Кыймылдаткычка динамикалык жүктөрдү азайтуу үчүн жетелегич менен соккучтун өз ара аракеттешүүсү аба жаздыкча аркылуу жүргүзүүсү сунушталды. Макалада аба жаздыкчалуу жетелегич менен соккучтун конструкциялык элементтеринин ортосундагы жылчыктарынан абанын чыгышынын жараяндарын үлгүлөөгө мүмкүндүк берген көз карандылыктар каралды. Аба жаздыкчанын аракет узактыгынын таасирин аныктоочу конструкциялык өлчөмүнөздөгүчтөрү көрсөтүлдү. Ургу машинанын динамикалык өлчөмүнөздөгүчтөрүнө аба жаздыкчанын аракет узактыгынын таасири көрсөтүлдү.

В данной статье приведена схема ударной машины с механизмом переменной структуры с разделяющимся ползуном, описан принцип ее работы. Для

снижения динамических нагрузок на привод предлагается взаимодействие поводка с бойком осуществлять посредством воздушной подушки. Рассмотрены зависимости, позволяющие смоделировать процесс истечения воздуха из воздушной подушки через зазоры между конструктивными элементами поводка и бойка. Выявлены конструктивные параметры, определяющие продолжительность действия воздушной подушки. Показано влияние продолжительности действия воздушной подушки на динамические параметры ударной машины.

In this work, a diagram of a shock machine with a variable structure mechanism with a separable slider is shown, the principle of its operation is described. In order to reduce dynamic loads on the track water, it is proposed to interact the carrier with the striker by means of an air cushion. The article considers dependencies that allow to model the process of air flow from the air cushion through gaps between structural elements of the carrier and striker. Structural parameters determining duration of air cushion action are revealed. Influence of duration of air cushion action on dynamic parameters of impact machine is shown.

Түйүн сөздөр: бөлүнүп жылгычтуу өзгөрүлмө түзүлүштөгү механизм; аба жаздыкча; ийри муунак; жетелегич; сокку; динамикалык жүктөм.

Ключевые слова: механизм переменной структуры с разделяющимся ползуном; воздушная подушка; кривошип; поводок; боек; динамическая нагрузка.

Keywords: a variable structure mechanism with a separable slider; air cushion; crank; lead; baizes; dynamic load.

Специалисты Института машиноведения и автоматики НАН КР ведут работы по созданию ударных машин на основе механизмов переменной структуры с разделяющимся ползуном (МПССРП) [1, 2]. В данной конструкции ползун кривошипно-ползунного механизма состоит из взаимодействующих поводка и бойка. Поводок имеет левую и правую торцевые поверхности, посредством которых он передает движение бойку. В исходном положении поводок правым торцом прижимает боек к упору. При рабочем ходе поводок из правого крайнего положения перемещается влево. В это время боек остается прижатым к упору. Перемещающийся поводок, перекрыв своей левой торцевой поверхностью полость воздушной подушки, сжимает находящийся в ней воздух (Рисунок 1). С этого момента начинается разгон бойка.

Разогнанный поводком боек после достижения поводком максимальной скорости продолжает двигаться с набранной скоростью в сторону инструмента, в то время как поводок замедляется и затем меняет направление движения на противоположное. После нанесения удара по инструменту боек движется в сторону кривошипа. Характер движения бойка после нанесения удара по инструменту за-

висит от свойств обрабатываемой среды и элементов конструкции ударной машины. Поводок, перемещаясь в сторону кривошипа, входит своей правой торцевой поверхностью в соприкосновение с бойком. В этот момент срабатывает фиксирующее устройство (на рисунке не показано), и до соприкосновения с упором боек с поводком движутся совместно. При достижении бойком с поводком упора заканчивается холостой ход, механизм переходит к выполнению следующего рабочего хода. Наличие воздушной подушки обуславливает упругое безударное взаимодействие поводка с бойком, при этом боек движется с меньшими ускорениями, что приводит к снижению усилий, требуемых для его разгона.

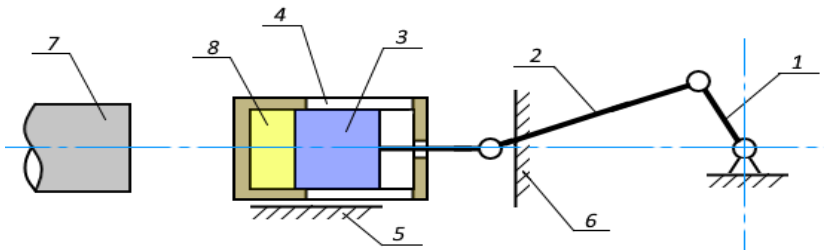


Рисунок 1 – МПСсРП с воздушной подушкой:

1 – кривошип, 2 – шатун, 3 – поводок, 4 – боек, 5 – корпус, 6 – упор, 7 – инструмент, 8 – воздушная подушка

В начальный момент возникновения воздушной подушки давление в ней равно атмосферному, а объем воздуха в ней определяется диаметром и длиной полости бойка, в которой образуется воздушная подушка. Если в первом приближении считать процесс изотермическим, то, согласно закону Бойля-Мариотта,

$$pV = C_n = const, \quad (1)$$

где p – давление в полости, образующей воздушную подушку; V – объем полости воздушной подушки.

Так как полость воздушной подушки имеет цилиндрическую форму, то площадь поперечного сечения полости

$$S = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (2)$$

где d – радиус поперечного сечения полости воздушной подушки.

Допустим, что к моменту закрытия полости воздушной подушки в ней находился воздух в нормальных условиях, т.е. $p_0 = 1 \text{ атм} = 10^5 \text{ Н/м}^2$. Тогда мы можем вычислить значение постоянной C_n , а затем, зная перемещение ползуна Δx относительно

бойка, определим изменение объема полости воздушной подушки и силу взаимодействия между ползуном и бойком.

$$F_{нб} = \frac{C_n S}{V_0 - \Delta x \cdot S}, \quad (3)$$

где $V_0 = S l$ – полный объем полости воздушной подушки.

Воздушная подушка образуется в полости бойка при ее перекрытии торцевой поверхностью поводка. В связи с тем, что сопрягаемые поверхности поводка и бойка, участвующие в образовании воздушной подушки, перемещаются относительно друг друга, между ними должен быть зазор. Следовательно, воздух при сжатии будет через этот зазор выходить из воздушной подушки в атмосферу, а объем воздуха в воздушной подушке уменьшаться. При истечении газа из отверстия при постоянном давлении массовый расход определяется следующей зависимостью [3]:

$$M = \mu \omega \sqrt{2 \frac{k}{k-1} p_1 \rho_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}, \quad (4)$$

где ω – площадь сечения отверстия; p_1 – давление внутри воздушной подушки; p_2 – давление воздуха окружающей среды; ρ_1 – плотность газа в воздушной подушке; $k = c_p / c_v$ – показатель адиабаты; c_p – удельная теплоемкость при постоянном давлении; c_v – удельная теплоемкость при постоянном объеме; μ – коэффициент, учитывающий влияние сжатия струи, скорости на подходе к отверстию и конструктивные особенности выходного отверстия.

С повышением давления внутри резервуара массовый расход растет, достигая своего максимума.

$$M_{max} = \mu \omega \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}} p_1 \rho_1} = \psi_{max} \omega \sqrt{p_1 \rho_1}, \quad (5)$$

где для воздуха $\psi_{max} = 0,685$.

Дальнейшее увеличение давления внутри резервуара не изменит массовый расход воздуха. Полученные зависимости позволяют определить массовый расход воздуха из полости бойка, но при постоянном давлении – в полости бойка. В ударной машине давление в воздушной подушке интенсивно изменяется, но для инженерных расчетов можно допустить, что давление в воздушной по-

душке в течение короткого интервала времени порядка $1 \cdot 10^{-6}$ с остается постоянным.

Тогда уравнение движения бойка будет выглядеть следующим образом:

$$\ddot{x}_6 = \frac{(p_2 - p_1)S}{m_6}, \quad (6)$$

где m_6 – масса бойка, кг.

При рабочем ходе со стороны бойка на привод действует сила F_c , которой соответствует движущий момент M_d , приведенный к кривошипну.

Величина движущего момента определяется следующей зависимостью:

$$M_d = \frac{F_c l_1 \cos \left(\varphi - \sin^{-1} \frac{l_1}{l_2 \sin \varphi} \right)}{\cos \left(\sin^{-1} \frac{l_1}{l_2 \sin \varphi} \right)}. \quad (7)$$

Поводок, как структурная составляющая исполнительного органа рассматриваемого ударного механизма, является ползуном кривошипно-ползунного механизма. Следовательно, поводок совершает неравномерное прямолинейное движение. Учитывая также то, что движущая сила, действующая на боек со стороны поводка и передаваемая посредством воздушной подушки, описывается сложными нелинейными уравнениями, при моделировании движения бойка воспользуемся итерационным методом. Шаг итерации $\Delta t = 10^{-5}$ с.

Воздушная подушка появляется в момент перекрытия торцевой поверхностью поводка входного отверстия полости воздушной подушки в бойке и действует на протяжении всего времени разгона бойка, который происходит не только в период разгона поводка, но и на некотором участке торможения поводка. Следует также отметить, что в связи с утечкой воздуха из полости воздушной подушки на конечном участке разгона бойка скорость последнего несколько снижается из-за появления вакуума.

Продолжительность действия воздушной подушки зависит в основном от начального момента ее появления. Конструктивно этот момент зависит от расстояния, проходимого поводком из исходного положения до появления воздушной подушки. Указанное расстояние зависит от длины прорези бойка l_{nc} (Таблица 1).

Таблица 1 – Влияние длины прорези бойка на параметры ударной машины

№	l_{nc} , м	φ_{nc} , градус	Скорость удара, м/с
1	0,027	93	6,3
2	0,028	83	7,3
3	0,066	72	8,2
4	0,06	60	8,7
5	0,0065	45	9

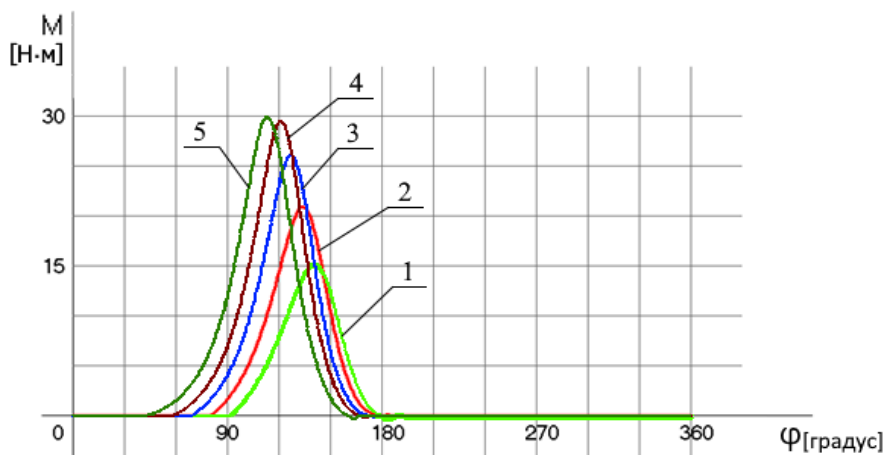


Рисунок 2 – Объединенный график движущего момента на кривошипе при различных углах φ_{nc} : 1 – $\varphi_{nc} = 93^\circ$,
 2 – $\varphi_{nc} = 83^\circ$, 3 – $\varphi_{nc} = 72^\circ$, 4 – $\varphi_{nc} = 60^\circ$,
 5 – $\varphi_{nc} = 45^\circ$

С увеличением угла φ_{nc} величина максимального крутящего момента уменьшается, в то же время уменьшается время действия воздушной подушки, максимальное давление воздуха в ней, что приводит к уменьшению совершаемой воздушной подушкой работы по разгону бойка, и скорость удара последнего снижается.

Литература

1. Джуматаев, М.С., Каримбаев, Т.Т., Баялиев, А.Ж. Моделирование истечения воздуха из воздушной подушки ударной машины с механизмом переменной структуры // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. № 1 (41), часть 1. Бишкек, 2017.

2. Джуматаев, М.С., Каримбаев, Т.Т., Баялиев, А.Ж. Моделирование движения звеньев ударной машины на основе механизма с разделяющимся ползуном // Сб. научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции «Актуальные направления научных исследований XXI века: Теория и практика». – Воронеж, 2017 г. № 8, часть 1.

3. Альтшуль, А.Д. и др. Гидравлика и аэродинамика. – М.: Стройиздат, 1987. – С. 321–324.